

ԳԵՈՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ԱՌԱՋԻԿԱ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ*

Պրոֆեսոր, տեխն. գիտ. դոկտոր ԳԵՈՐԳ ՏԵՐ-ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ**

Ե Ն Ֆ Ն Դ ա տ: Գեոմեխանիկայի խնդիրն է ուսումնասիրել երկրաբանական պրոցեսների մեխանիզմը, օգտագործելով ճշգրիտ գիտությունների մեթոդները և տվյալները. այն տեկտոնիկայի և լեռնակառուցման երկրաբանության բնագավառում հետազոտության միջոցներից մեկն է: Անկասկած է գեոմեխանիկայի արագ զարգացման հնարավորությունը՝ ազդակից գիտությունների մասնավորապես գրունտների մեխանիկայի նվաճումների օգտագործման հիման վրա:

Ստորև նկարագրվում են փոքր խորությունների՝ շելֆերի, տեկտոնիկ սայերի, մայրցամաքային սառցեման և երիտասարդ ծալքավոր զոտիների բնական պայմաններն ու գեոմեխանիկայի խնդիրները: Ցույց է տրված այս բնագավառներում գեոմեխանիկական հետազոտությունների զործնական նշանակությունը բնական լանջերի և բացահանքերի կողերի կայունության և սողունության, ստորգետնյա փորումներում լեռնային ճնշման և այլն վերլուծության համար:

Նկարագրվում են միջին խորությունների՝ պլատֆորմային և գեոսինկլինալ զոտիներում բնական պայմաններն ու գեոմեխանիկայի խնդիրները. մերձակա խնդիրներից մեկն է դիսլոկացիաների միասնական տեսության մշակումը: Համառոտ կերպով նկարագրված են մեծ խորությունների բնական պայմանները և գեոմեխանիկայի խնդիրները:

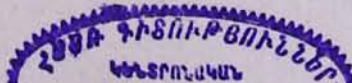
Գեոմեխանիկան զբաղվում է երկրաբանական պրոցեսների մեխանիզմի ուսումնասիրությամբ, հիմնվելով հոծ միջավայրերի մեխանիկայի, ռելոլոգիայի, գրունտների և ժայռապարների մեխանիկայի, հիդրավլիկայի և ջերմադինամիկայի օրենքների և սկզբունքների վրա: Երկրաբանական ցիկլի այլ գիտությունների շարքում գեոմեխանիկայի տեղը և նրա նպատակներն ու հնարավորությունները հեշտությամբ են երևում երկրաբանության և տարբեր հիմնական գիտությունների սահմանադժու ստեղծված ազդակից գիտությունների (պալեոնտոլոգիա, միներալոգիա, գեոքիմիա, գեոֆիզիկա, տեկտոնոֆիզիկա, պալեոբոտանիկա և այլն) զուգադրման միջոցով:

Ինչպես հայտնի է, հարակից նոր գիտությունները և գիտական ուղղությունները հարստացրին երկրաբանությունը և պայմանավորեցին նրա արագ զարգացումը սկսած XVIII դարի վերջերից:

Գեոմեխանիկան, իբրև գիտություն, սկսել է զարգանալ համեմատաբար վերջերս, թեև մի շարք գիտնականներ գեոմեխանիկա զարգացրել են Ալպերի կառուցվածքն այնպիսի դիրքերից, որոնք թույլ են տալիս այդ հետազոտողներին համարել գեոմեխանիկայի նախակարապետներ:

* Այս նյութը մասնակիորեն ներկայացված է 1968 թ. հունիսին Մոսկվայում կայանալիք լեռնակառուցման երկրաբանության միջգերատեսչական խորհրդակցությանը:

** ՀՍՍՀ ԳԱ երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի գեոմեխանիկայի բաժնի վարիչ:



ներկայումս գեոմեխանիկայի բնագավառում աշխատանքներ տարվում են Սովետական Միությունում և մի շարք արևմտյան երկրներում (Ավստրիա, Պորտուգալիա, Գերմանիա, ԱՄՆ, Անգլիա, Հարավային Աֆրիկա)։ Այդ աշխատանքները տարվում են միմյանցից տարբեր ուղղություններով, որոնք վկայում են, որ այդ գիտությունը ինչպես տեսական, այնպես էլ գործնական առումներով ունի պոտենցիալ մեծ հնարավորություններ։

Գեոմեխանիկայի կողմից առաջադրվող խնդիրներն ավելի լայն են, քան իր առջև դնում է տեկտոնոֆիզիկան։ Վերջինիս նպատակն է տեկտոնիկ ճարերի և ապարներում միևնույնների ձևափոխությունների ուսումնասիրության միջոցով, հիմք ունենալով ամուր մարմինների ձևափոխության և քայքայման ֆիզիկական տեսությունը և լայնորեն կիրառելով մոդելավորումը, տալ տեկտոնիկ լարման դաշտերի բացահայտումը։

Երկրաբանության և մեխանիկայի սահմանագծում դարգացող գեոմեխանիկան հանդիսանում է բարաբանության, շերտաբանության և, հատկապես, տեկտոնիկայի հետազոտության միջոցներից մեկը։ Գեոմեխանիկայի խնդիրներից շատերը սերտորեն կապված են ինժեներական երկրաբանության հետ։ Մի կողմից ելնելով գեոմեխանիկայի համեմատաբար ուշ ձևավորման հետևանքով դրա պրոբլեմների ավելի արագ լուծման անհրաժեշտությունից, իսկ մյուս կողմից, գրունտների մեխանիկայի տեսական և գործնական զգալի զարգացումը վերջին տարիներին, հիմք են տալիս հուսալու, որ գեոմեխանիկան արագ զարգացում կապրի միաժամանակ մի քանի ուղղություններով։ Գեոմեխանիկայի խնդիրների տարբերակումը որոշվում է երկրաբանական-տեկտոնիկ պայմաններով և ապարների լարված վիճակով։

Նստվածքային ապարների կոնսոլիդացիան գեոմեխանիկայի հիմնական խնդիրն է լիտոլոգիայի նկատմամբ կիրառելիս։ Հետաքրքիր են ջրավազանի հատակին նստվածքագոյացման բնթացքում առաջացած կուտակումների սկզբնական խտության հարցերը՝ կախված մասնիկների բնույթից, կլանված նյութերից, ջրի աղիությունից և այլն, որոնք բնորոշում են նախնական կառուցվածքների տեսակները։

Հետագա նստվածքագոյացման և զանգվածի կշռի աճի պրոցեսում տեղի է ունենում նստվածքների կոնսոլիդացում։ Ուշադրության արժանի են ծակոտկենային ճնշման առաջացման և ցրման հարցերը՝ կապված կավի շերտերի ծծանցման հատկություններից, ավազային ջրաթափանց ենթաշերտերի գիրքից ու դրանց իրական թողունակության հետ։ Ավազային բաց (կտրված) ենթաշերտերը նպաստում են ջրի արագ հեռացմանը, այսինքն՝ կոնսոլիդացիային։ Ավազային փակ (չկտրված) ենթաշերտերը հավելուրդային ջրերի հեռացման հնարավորություն չեն տալիս, սակայն դրանք կարող են հավասարեցնել ծակոտկենային ճնշումը մեծ տարածություններում այն դեպքերում, երբ նստվածքագոյացման կամ ստորգետնյա ողողման տարրեր արագության հետևանքով ստեղծվում է ավազաշերտերի տարրեր բեռնվածություն։

Ցամաքային պայմաններում, դիագնենզի վաղ փուլերում մեծ նշանակություն ունի կավային նստվածքների հետագա կոնսոլիդացումը։ Այդ կարող է պատահել գրունտային ջրերի հորիզոնի իջեցման, չորանալու, սառցադաշտի ճնշման տակ և այլ պատճառներով էֆեկտիվ լարումների աճի հետևանքով։ Էրոզիայի պատճառով բեռնվածքի հանումը, սառցադաշտի հալումը և այլն կավերը դարձնում են գերկոնսոլիդացված։ Գետնաջրաբանական պայմանների

փոփոխության հետևանքով հողային լուծույթների աղային ռեժիմի փոփոխությունը կարող է կապերի կառուցվածքը դարձնել հետակայուն (մետաստաբիլ), առաջ բերել տեղական ձևափոխություններ և փոփոխված խտություններով նստվածքների գոյացում:

Այս բոլոր հետևությունները շատ կարևոր են կապային նստվածքների բարաբանական առանձնահատկությունները հասկանալու համար: Շատ դեպքերում այդ հետևությունները կարող են արվել ապարների մեխանիկական հատկությունների վերլուծության հիման վրա, իսկ դրանց ճիշտ հաշվառումը կարող է էական հանգիստնալ հնաշխարհայրական վերլուծումների համար:

Ներֆորմացիոն խախտումների վերլուծությունը գեոմեխանիկայի տիպիկ խնդիրն է՝ շերտաբանության նկատմամբ կիրառելիս: Հայտնի է, որ ներֆորմացիոն խախտումները բարդացնում են երկրաբանական կառուցվածքի վերլուծությունը և հաճախ ուղղաձիգ շարժումների մասին չհիմնավորված ենթադրությունների տեղիք են տալիս, այնինչ դրանց պատճառը կարող են լինել ստորջրյա սողանքները: Սողանքային կառուցվածքների տարրեր տնտեսական արտադրում են ինչպես ապարների տեսակների, այնպես էլ սողքի պայմանների տարբերությունը: Կարող են տարբերակվել արագընթաց փուլզումներն ու սողանքները, ժայռապարների և փափուկ գրունտի դանդաղ սողքը, չկոնսոլիդացած նստվածքների ստորջրյա դանդաղ և արագ սողալը, երկրաշարժերից առաջացած մասսայական սողանքները և այլն:

Դիսլոկացիաների վերլուծումը գեոմեխանիկայի տիպական խնդիրն է տեկտոնիկայի նկատմամբ կիրառելիս: Չնայած գրունտների ու լեռնային ապարների շոշափող լարումից կախված ձևափոխությունների խնդիրը գեոևս հեռու է լուծված լինելուց, այնուամենայնիվ առկա տվյալները թույլ են տալիս սահմանել լեռնային ապարների վարքի որոշ շափանիշեր:

Սահրին մորֆիլոգացված դիմադրության գործակցի մեծությունից և ժամանակից կախված՝ լեռնային ապարները դոնվում են տարրեր փուլերում, որոնք բնորոշվում են ձևափոխության տարրեր արագություններով (դարավոր, դանդաղ և արագ) և տարրեր տեսակներով (ծալքավոր և խզումային):

Տեկտոնիկ շարժումները առաջացնում են ժամանակի և տարածության մեջ ապարների սահրին դիմադրության տարրեր աստիճանի մորֆիլոգացում և, համապատասխանորեն հանգիստնում են ձևափոխության տարրեր տեսակների պատճառ: Սահրին դիմադրության մասնակի մորֆիլոգացման դեպքում նույնիսկ պինդ ապարներում տեղի են ունենում սողքի դարավոր կամ դանդաղ ձևափոխություններ, որոնք հանգեցնում են ծալքավոր խախտումների առաջացմանը: Սահրին դիմադրության լիակատար մորֆիլոգացման դեպքում նույնիսկ փափուկ ապարներում տեղի են ունենում պլաստիկության արագ ձևափոխություններ, որոնք առաջացնում են խզման խախտումներ:

Սահրին դիմադրության մորֆիլոգացման աստիճանի փոփոխությունների հետևանքով առաջանում են խախտման և մեկ ձևից մյուսին անցման (տարածության ու ժամանակի մեջ) բաղմաղան տեսակներ և պայմաններ: Խոշոր տարեջրին հարող ծոված շերտերի հզոր գոտին վկայում է սողքի փուլի երկարատև փուլյան մասին, իսկ այդպիսի գոտուց դուրի կամ ջարդված ապարներով ուղեկցվող տարեջրը ցույց է տալիս պրոցեսի կարճատևությունը:

Փարթ խորությունների գեոմեխանիկան (էպիգոնալ գեոմեխանիկա) բնորոշվում է փուլի կուտակումների և ստորգետնյա ջրերի տեղաբաշխման բնույ-

սողանքների, նրանց երկարատև կայունության և աղետալին փուլի կանխագուշակման վերլուծումը խոր բացահայտների և կտրվածքների կողերի կարճատև կայունության վերլուծումը, փակուղիներում (թունելներում), ստորգետնյա կառույցներում և լեռնային փորվածքներում լեռնային ճնշման վերլուծումը, ռեգիոնալ համառոտման վերլուծումը, առաստաղի կառավարման հարցերը և այլն:

Միջին խորությունների գեոմեխանիկան (մեզոգոնալ գեոմեխանիկա) որոշվում է բնական ալ պայմաններով: Այստեղ գերիշխում են ջրի մինչկրիտիկական միճակին համապատասխանող միջին ջերմաստիճանները և հիդրոստատիկ ճնշման բարձր մեծությունները. այստեղ խիստ զարգացած են հորիզոնական լարումների ռեգիոնալ դաշտերը պլատֆորմներում և, հավանաբար, տեղ է գտել լարումների դեխատորի բարդ բաշխումը գեոսինկլինալներում: Այս շրջանի խորությունը չափվում է կիլոմետրերով:

Պլատֆորմային շրջաններում հետաքրքիր են ապարների՝ սեփական կշռի ազդեցության տակ սողքի և պլաստիկության փուլին անցնելու հարցերը: Այս հետազոտությունները կարող են գործնական նշանակություն ունենալ ցեխային հրաբուխների, դիապիրային ծալքերի, կավային շտկների, խոր հորանցքների լցման պայմանների, հանքերում կավերի պոռթկումների ուսումնասիրության ժամանակ և այլն: Հատուկ հետաքրքրություն են ներկայացնում հորիզոնական լարումների ռեգիոնալ հզոր դաշտերի ծագումն ու առեղծվածային դերը: Այդ դաշտերը ճշգրիտ չափումների օգնությամբ հայտնաբերվել են Շվեդիայում, իսկ հետագայում նաև այլ վայրերում: Դրանց հաշվառումը պետք է հանդիսանա տարբեր տեկտոնիկ վարկածների վերլուծման պարտադիր պայմանը:

Գեոսինկլինիկալ շրջաններում հատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում լարված միճակը և կապը լարումների, ձևափոխությունների և ժամանակի միջև՝ տեկտոնապես ակտիվ գոտիներում: Այդ հետազոտությունների կարևոր արդյունքը կարող է հանդիսանալ դիսլոկացիաների միասնական տեսությունը, որը կնկարագրի ձևափոխության պրոցեսը՝ կախված սահման ապարների դիմադրության մոբիլիզացման աստիճանից: Հավանաբար, այդ զաղափարի առավել ակնառու հաստատումը կհանդիսանա որոշ տարեջրների վերլուծությունը և դրանց անցումը ֆիքսուրաներին՝ ըստ տարածվածքի: Հայտնի օբինակներ են Սամարայի ուլտրանը, Կոլորադոյի սարահարթը, Լյուկչոնի իջվածքը Տյան-Շանում, տեկտոնիկ խոշոր գոգահովիտների ծայրամասերը Միջին Ասիայում (Կաշգարի, Ֆերգանայի) և այլն:

Մեծ խորությունների գեոմեխանիկան (հիպոգոնալ գեոմեխանիկա) որոշվում է այնտեղ գերիշխող բարձր ջերմաստիճաններով, որի ժամանակ ջուրը գտնվում է կրիտիկական միճակում, և գեոստատիկ բարձր լարումներով: Այս շրջանի խորությունը չափվում է տասնյակ կիլոմետրերով:

Ըստ երևույթին, չի կարող հարց դրվել խորության վրա ճնշման հիդրոստատիկ բնույթի մասին, համենայն դեպս, հիպոգոնալի վերին մասերում: Այս ենթադրության դեմ եղած առարկություններից առավել ծանրակշիռը մինչև 700 կմ խորության վրա հիպոկենտրոններ ունեցող խորագիր ֆոկուսային երկրաշարժերի գոյության փաստն է, որ, հավանաբար, կապված է կողմնորոշված ճնշման՝ ստրեսի հետ: Հնարավոր է, որ ենթակեղևային նյութի՝ սելսմոստիկ ճանապարհով գտնված հորիզոնական տարբերությունները և խորագիր ֆոկուսային օջախների բաշխման գոտայնությունը (Պամիր և Հյուսիսային Ադվա-

նրստան՝ մինչև 300 կմ, Ասիայի հաղաղովկիանոսյան փերը՝ մինչև 700 կմ) հնարավորություն կտան հիպոթեզայի սահմաններում առանձնացնել գլխավոր լարումների տարրեր փոխհարաբերություններ ունեցող շրջանները:

Երկրաբանական կառուցվածքների գեոմեխանիկական վերլուծությունը, որ հիմնված է ռեոլոգիկ երեք հիմնական գործոնների՝ լարման, ձևափոխության և ժամանակի փոխկապակցության ուսումնասիրման, ֆիզիկական և բիմիական պայմանների հաշվառման վրա, կընդլայնի մորֆոլոգիական տրվյալների սինթեզի հնարավորությունները, մի շարք դեպքերում դրանց տալով անհրաժեշտ ծագումնաբանական հիմք:

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ГЕОМЕХАНИКИ*

Профессор, доктор техн. наук Г. И. ТЕР-СТЕПАНЯН**

Реферат. Задача геомеханики заключается в изучении механизма геологических процессов, используя методы и данные точных наук; она является одним из средств исследования в области тектоники и инженерной геологии. Несомненно возможность быстрого развития геомеханики, используя достижения родственных наук, в частности механики грунтов.

Описываются природная обстановка и задачи геомеханики областей малых глубин: шельфов, тектонических плит, материкового оледенения и молодых складчатых поясов. Показано практическое значение геомеханических исследований для анализа устойчивости и ползучести природных склонов и бортов карьеров, горного давления в подземных выработках и др.

Описывается природная обстановка и задачи геомеханики областей средних глубин—в платформенных и геосинклинальных зонах; одной из ближайших задач является разработка единой теории дислокации. Вкратце обрисованы природная обстановка и задачи геомеханики областей больших глубин.

Геомеханика занимается изучением механизма геологических процессов, основываясь на законах и принципах механики сплошных сред, реологии, механики грунтов и скальных пород, гидравлики и термодинамики. Место геомеханики среди других наук геологического цикла и ее цели и возможности легко усматриваются по аналогии с родственными науками (палеонтология, минералогия, геохимия, геофизика, тектонофизика, палеоботаника и др.), возникшими на стыке геологии с различными фундаментальными науками. Как известно, эти новые науки и научные направления обогатили геологию и способствовали ее быстрому развитию с конца XVIII века.

Развитие геомеханики, как науки, началось лишь в самое последнее время, хотя ряд ученых еще с конца прошлого века изучал строение Альп с таких позиций, которые позволяют рассматривать этих исследователей, как предшественников геомеханики.

* Частично представлено Межведомственному совещанию по инженерной геологии в Москве, июнь, 1968 г.

** Зав. отделом геомеханики Института геологических наук АН АрмССР.

Работы в области геомеханики ведутся в настоящее время в Советском Союзе и ряде западных стран (Австрия, Португалия, Германия, США, Англия, Южная Африка) в несколько различающихся направлениях, свидетельствующих о больших потенциальных возможностях этой науки как в теоретическом, так и практическом аспектах.

Задачи, решаемые геомеханикой, шире тех, которые ставит перед собой тектонофизика; последняя имеет целью выяснение тектонических полей напряжений путем изучения тектонических трещин и деформаций минералов в породах, опираясь на физическую теорию деформации и разрушения твердых тел и широко применяя моделирование.

Геомеханика, развивающаяся на стыке геологии с механикой, является одним из средств исследований в области литологии, стратиграфии и, в особенности, тектоники. Многие из них теснейшим образом связаны с инженерной геологией. Учитывая необходимость более ускоренного решения проблем геомеханики, возникшую вследствие сравнительно позднего формирования этой науки, с одной стороны, и имевшее место за последние десятилетия значительное теоретическое и практическое развитие механики грунтов—с другой, следует ожидать быстрой эволюции геомеханики одновременно в нескольких направлениях. Дифференциация задач геомеханики определяется геолого-тектонической обстановкой и напряженным состоянием пород.

Консолидация осадочных пород является типичной задачей геомеханики в применении к литологии. Представляют интерес вопросы первоначальной плотности отложений, образующихся на дне водоемов в процессе седиментации, в зависимости от природы частиц, адсорбированных веществ, солености воды и др., определяющих типы первоначальных структур.

В процессе последующей седиментации и увеличения веса толщи происходит консолидация отложения. Заслуживают внимания вопросы формирования и рассеивания порового давления, в зависимости от фильтрационной способности глинистых слоев, положения водопроницаемых песчаных прослоев и их действительной пропускной способности. Открытые (прорезанные) песчаные прослои содействуют быстрому удалению воды, т. е. консолидации; закрытые (непрорезанные) песчаные прослои не содействуют удалению избыточной воды, однако они могут вызывать выравнивание порового давления на больших расстояниях в тех случаях, когда, вследствие различной скорости седиментации или подводного размыва, создается различие нагрузок на песчаные слои.

В ранних фазах диагенеза в континентальных условиях большое значение имеет дальнейшая консолидация глинистых отложений вследствие увеличения эффективных напряжений при понижении горизонта грунтовых вод, высыхания, давления, оказываемого материковым ледником, и др. Снятие нагрузки вследствие эрозии, таяния ледника и т. д. делает глины переконсолидированными. Изменение солевого режима почвенных растворов вследствие изменения гидрогеологических усло-

вий может сделать структуру глин метастабильной, вызвать локальные деформации и образование отложений с измененными величинами плотностей залегания.

Все эти выводы важны для понимания литологических особенностей глинистых отложений. Во многих случаях они могут быть сделаны на основании анализа механических свойств пород, а их правильный учет может оказаться существенным для палеогеографических построений.

Анализ внутриформационных нарушений является типичной задачей геомеханики в применении к стратиграфии. Известно, что такие нарушения усложняют анализ геологического строения и часто служат причиной неоправданных предположений о вертикальных движениях, тогда как их причиной могут являться подводные оползни. Различные типы оползневых структур отражают как различие типа пород, так и условий оползания. Могут быть дифференцированы быстро протекавшие обвалы и оползни, медленная ползучесть скальных пород и рыхлых грунтов, быстрое и медленное подводное оползание неуплотнившихся осадков, массовые оползни, вызванные землетрясениями и т. д.

Анализ дислокации является типичной задачей геомеханики в применении к тектонике. Хотя задача деформируемости грунтов и горных пород в зависимости от касательных напряжений еще далеко от решения, имеющиеся данные позволяют установить некоторые критерии поведения горных пород.

В зависимости от величины коэффициента мобилизованного сопротивления сдвигу и от времени горные породы находятся в различных фазах, характеризующихся разными скоростями деформации (вековые, медленные и быстрые), и разным типом деформации (складчатые и разрывные).

Тектонические движения вызывают различную (во времени и в пространстве) мобилизацию сопротивления сдвигу и соответственно являются причиной разных типов деформации. При частичной мобилизации сопротивления сдвигу даже в твердых породах происходят вековые или медленные деформации ползучести, ведущие к созданию пликативных нарушений. При полной мобилизации сопротивления сдвигу даже в мягких породах происходят быстрые деформации пластичности, ведущие к созданию дизъюнктивных нарушений.

Поскольку степень мобилизации сопротивления сдвигу подвергается изменениям, возникают разнообразные формы нарушений и создаются условия перехода одних форм в другие в пространстве и во времени. Мощная зона изогнутых пластов, примыкающих к крупному сбросу, свидетельствует о длительности предварительной фазы вековой ползучести, тогда как сброс без такой зоны или сопровождающийся поясом раздробленных пород указывает на кратковременность процесса.

Геомеханика области малых глубин (эпизональная геомеханика) определяется характером распределения рыхлых отложений и подземных вод, процессами выветривания, господствующими в этой области субнормальными температурами, невысокими значениями средних нормаль-

ных напряжений, сложными региональными полями горизонтальных напряжений и большой ролью локальных полей наведенных напряжений вокруг выработок. Глубина этой области измеряется сотнями метров.

В области шельфов наиболее интересными и уже сейчас вполне разрешимыми задачами являются вопросы консолидации морских отложений, в особенности дельтовых; могут быть получены количественные данные о связи между составом отложений, скоростью осадконакопления и выдвигания дельты, водопроницаемостью пород и степенью их консолидации. Изучение подводных оползней в этой области позволит определить типы возникающих при этом оползневых структур; они послужат для анализа интратектонических нарушений с механической точки зрения и в ряде случаев дадут возможность пересмотра тектонических и палеогеографических построений. Из известных случаев такого пересмотра можно указать на верхнекембрийские и ордовикские конгломераты близ Квебека, Канада; на контакт верхнемеловых и палеогеновых отложений Нижнего Поволжья в бассейне нижнего течения р. Алай; на анализ каневских дислокаций среднего Приднепровья; на верхнемеловой флиш Западного Кавказа и др.

В области тектонических плит возникают задачи формирования инженерно-геологических свойств горных пород в процессе пере консолидации, литификации и выветривания; в самых поверхностных слоях интересными являются условия длительной устойчивости склонов, глубинная ползучесть склонов в скальных породах, явления компенсационной ползучести при образовании долин и др. Примерами могут служить деформации пород в долине Холлоуэл в центральной Англии, блоковые смещения на склонах Братского водохранилища, скальный оползень у Гегарда, в долине р. Азат в Армении, явления выгибания в долине р. Луцина у Остравы в Чехословакии и др.

В областях материкового оледенения возникают вопросы пере консолидации некоторых палеозойских отложений под весом ледника и мелкая складчатость, возникающая в породах при его движении. Эти явления были впервые описаны для девонских глин на месте постройки плотины Свирской электростанции. В молодых складчатых областях большое место займут исследования клиногенных структур и т. д.

Все перечисленные задачи методологически более или менее ясны, некоторые из них имеют решение в замкнутой математической форме, определены многие характеристики материалов и т. д. Исследования механизма эпизодических явлений еще крайне недостаточны, и здесь можно ожидать много новых открытий, в особенности в отношении анализа вековых деформаций, не связанных с эндогенными процессами.

В практическом отношении большой интерес представляют анализ оползания склонов, их длительной устойчивости и прогноз катастрофической фазы, анализ краткосрочной устойчивости бортов глубоких карьеров и разрезов, анализ горного давления в тоннелях, подземных сооружениях и горных выработках, анализ регионального проседания, вопросы управления кровлей и др.

Геомеханика областей средних глубин (мезозональная геомеханика) определяется иной природной обстановкой. В ней господствуют средние температуры, соответствующие докритическому состоянию воды и высокие значения гидростатического давления; здесь сильно развиты региональные поля горизонтальных напряжений в платформах и, вероятно, имеет место весьма сложное распределение девиатора напряжений в геосинклиналях. Глубина этой области измеряется несколькими километрами.

В платформенных областях интересны вопросы перехода пород в фазу ползучести и пластичности под действием собственного веса; эти исследования могут иметь практическое значение при анализе образования грязевых вулканов, диапировых складок, глинистых штоков, условий запыливания глубоких скважин, прорывов глины в рудниках и т. д. Особый интерес представляет генезис и загадочная роль сильных региональных полей горизонтальных напряжений, установленных точными измерениями в Швеции и обнаруженных позже в других местах. Их учет явится обязательным элементом анализа различных тектонических гипотез.

В геосинклинальных областях заслуживают особого внимания вопросы напряженного состояния и связи между напряжениями, деформациями и временем в тектонически активных зонах. Важным результатом этих исследований может явиться единая теория дислокации, описывающая процесс деформирования в зависимости от степени мобилизации сопротивления пород сдвигу. Вероятно, наиболее наглядным подтверждением этой идеи явится анализ некоторых сбросов и условий их перехода по простиранию во флексуры. Известными примерами такого перехода являются Самарская лука, плато Колорадо, Люкчунская впадина в Тянь-Шане, окраины больших тектонических котловин в Средней Азии (Кашгарской, Ферганской) и др.

Геомеханика области больших глубин (гипозональная геомеханика) определяется господствующими в ней высокими температурами, при которых вода находится в критическом состоянии, и высокими геостатическими напряжениями. Глубина этой области измеряется десятками километров.

По-видимому, не может стоять вопрос о гидростатическом характере давления на глубине, по крайней мере в верхних частях гипозоны. Наиболее веским возражением против этого допущения является факт существования глубокофокусных землетрясений с гипоцентрами на глубинах до 700 км, что, очевидно, связано с ориентированным давлением—стрессом. Возможно, что установленные сейсмометрическим путем горизонтальные различия подкорового материала и зональность распределения глубокофокусных очагов (Памир и Северный Афганистан—до 300 км, Тихоокеанское побережье Азии—до 700 км) позволят выделить в пределах гипозоны области с различными соотношениями между главными напряжениями.

Геомеханический анализ геологических структур, основанный на изучении взаимосвязи трех основных реологических факторов,—напряжения, деформации и времени, с учетом физических и химических условий, расширит возможности синтеза морфологических данных, придав им в ряде случаев необходимый генетический фундамент.

PROBLEMS OF GEOMECHANICS IN THE NEAR FUTURE*

Professor, Dr. Techn. Sc. GEORGE TER-STEPANIAN**

Abstract. The aim of geomechanics is the investigation of the mechanism of geological processes using methods and data of exact sciences; it is one of the means of investigating certain problems of tectonics and engineering geology. The rapid development of geomechanics is indubitable, based on achievements of related sciences, specifically that of soil mechanics.

The natural environment and problems of geomechanics in the regions of small depths are described: continental shelves, tectonical massifs, continental glaciation and zones of young folding. The practical significance of geomechanical investigations in these regions is shown for stability and creep of natural slopes and open excavations, rock pressure in mines, etc.

The natural environment and problems of geomechanics in the regions of middle depths—continental platforms and geosyncline zones—are described. One of the problems to be solved is the development of an integrated theory of dislocations. The natural environment and problems of geomechanics in the regions of great depths are briefly outlined.

Geomechanics is the investigation of the mechanism of geological processes based on laws and principles of mechanics of continuum, rheology, soil and rock mechanics, hydraulics and thermodynamics. The position of geomechanics among other sciences of the geological cycle and its aims and possibilities are easily realized by comparison with related sciences (palaeontology, mineralogy, geochemistry, geophysics, tectonophysics, palaeobotany, etc.), originated on the boundary between geology and different fundamental sciences. It is known that these new fields of science have enriched geology and determined its rapid development since the end of the XVIII century.

The development of geomechanics as a science took place only recently although at the end of the last century several scientists have investigated the structure of the Alps from such a position, which permits us to consider these investigators as precursors of geomechanics. Research in the field of geomechanics is being conducted nowadays in the Soviet Union and in several western countries (Austria, Portugal, Germany, U.S.A., England, South Africa) in somewhat divergent directions, illustrating the potential possibilities of this science both in theoretical and practical aspects.

* Partly presented to the Conference on Engineering Geology in Moscow, June 1968.

** Head, Dept. of Geomechanics, Geological Institute, Armentian Academy of Sciences.

Problems solved by geomechanics are broader than that of tectonophysics. The aim of the latter is to find out the tectonic fields of stresses by studying tectonic fissures and deformation of minerals in rocks, based on the physical theory of deformation and failure of solids, and by making wide use of modelling.

Geomechanics developed on the boundary between geology and mechanics will serve as one of the means of investigating certain problems of lithology and stratigraphy and especially that of tectonics. Many of these problems are connected with engineering geology very closely. Rapid evolution of geomechanics may be expected to take place in different directions due to the necessity of a more speedy solution of the problems of geomechanics, caused by relatively belated formation of this science on the one hand, and because of the substantial development of soil mechanics during the last decades both in theoretical and practical aspects on the other hand. The differentiation of problems of geomechanics is determined by the geological and tectonical environment and the stress state of rocks.

Consolidation of sedimentary rocks is a typical problem of geomechanics in application to lithology. The problem of the original density of sediments, formed on the bottom of water bodies in the process of sedimentation depending on the nature of particles, adsorbed substances and on the salinity of water etc., which determine the types of original structures is of interest.

Consolidation of deposits takes place in the process of subsequent sedimentation and increase of the weight of deposits. Problems of formation and dissipation of pore pressure, depending on the permeability of clay strata and on the position of pervious sand layers and their actual penetrability are of interest. Open (cut through) sand layers facilitate quick drainage, i.e. consolidation; closed (non-cut through) sand layers do not help in removal of excess water, but they may promote equalization of pore pressure in great distances in cases, when different loads on sand layers are acting due to diverse rate of sedimentation or underwater scour.

Further consolidation of clay deposits takes place in continental conditions in the earlier phases of diagenesis due to the increase of effective stresses by lowering of groundwater horizons, drying, compression under the weight of continental ice-sheets etc. The removal of load due to erosion, melting of glaciers etc. make the clays overconsolidated. The change of salinity of soil solutions due to the alteration of ground water conditions may develop metastable structures of clay, and cause local deformations and formation of deposits with varying values of density.

All these conclusions are important when analysing the lithological features of clay deposits. In many cases they may be drawn from the analysis of the mechanical properties of rocks: their proper consideration may be essential for paleogeographical constructions.

Analysis of intraformational contortions is a typical problem of geomechanics in application to stratigraphy. It is well known that such contortions complicate the analysis of the geological features, and often lead to unjustified suppositions on the vertical movements while their real cause may be submarine landslides. Different types of landslide structures reflect the divergence of rock types and of the sliding conditions as well. One may differentiate among types of intraformational contortions quick landfalls and landslides, slow creep of rocks and loose soils, quick and slow submarine sliding of unconsolidated sediments, slides due to earthquakes etc.

Analysis of dislocations is a typical problem of geomechanics in application to tectonics. Although the problems of rock and soil deformation, depending on tangential stresses is far from being solved, the data available permits us to define some categories of the behaviour of rocks.

Depending on the values of the coefficient of mobilized shear strength and on time, rocks may be in different phases, characterized by different rates of deformation (secular, slow and quick) and different types of deformation (folding and faulting).

Tectonical movements cause different (in time and in space) mobilization of shear strength and different types of deformations, correspondingly. The partial mobilization of shear strength even in hard rocks produces secular or slow creep deformation, which lead to folding. The total mobilization of shear strength even in soft rocks produces quick plastic deformation, which leads to faulting.

Since the degree of shear strength mobilization is subjected to alterations, diverse types of dislocations are formed both in time and space. Thick zone of bended strata adjoining the large fault shows a long-term preliminary phase of secular creep while a fault without such a zone or accompanied by a belt of crushed rocks reveals the short duration of the process.

Geomechanics of the zone of small depths (epizonal geomechanics) is determined by the character of distribution of loose deposits and underground waters, processes of weathering, subnormal temperatures governing in this zone, low values of middle normal stresses, complicated regional fields of horizontal stress and the great role of local fields of induced stresses around excavations. The depth of this zone is measured in hundreds of metres.

In the continental shelves, the problems of consolidation of marine and especially deltaic sediments are of most interest and quite soluble nowadays; these are quantitative data on the interrelation among the composition of deposits, the rate of sedimentation and advance of delta, the permeability of rocks and the degree of their consolidation. The investigation of submarine landslides in this zone permits to determine the types of landslide structures being formed; they can serve for the analysis of intraformational contortions from the mechanical point of view, and in some cases they will give us the opportunity to revise tectonical and pa-

leogeographical constructions. One can refer to some known cases of such revision, as e.g. the Upper Cambrian and Ordovician conglomerates near Quebec, Canada; the contact between Upper Cretaceous and Paleogenic sediments in the Lower Volga region in the lower part of the basin of the Alai river; the analysis of Kanev dislocations in the middle part of the Dnieper region; the Upper Cretaceous flysch in the western Caucasus etc.

In zones of tectonical massifs the following problems are of interest: formation of engineering-geological properties of rocks in the process of overconsolidation, lithification and weathering; conditions of long-term stability of slopes, depth creep of slopes in rocks, the phenomena of compensating creep by the formation of valleys etc. Deformation of rocks in the Hollowell valley in Central England, block displacements of slopes of Bratskoe water reservoir, rock slide near Geghard in the valley of Azat river in Armenia, the cumbering phenomena near Ostrava in the valley of the Lucine river in Czechoslovakia, all may serve as examples.

In zones of continental glaciation, problems of overconsolidation of some Paleozoic deposits under the weight of glacier and fine folding in clays due to the movement of the sheet are worthwhile for notice. For the first time these features were described in the Devonian clays at the site of the hydroelectric power station Swir III. The investigation of clinogenic structures will take a large place in young folded zones etc.

All the above-mentioned problems are methodologically more or less clear, some of them have solutions in a closed mathematical form, many characteristics of material are determined etc. The investigation of the mechanism of epizonal phenomena is still extremely insufficient, and here one can expect many new discoveries, especially in relation to secular deformation which are not connected with endogeneous processes.

Of great interest from the practical point of view are the analysis of sliding of slopes, their long-term stability and the forecast of the catastrophic phase; analysis of short-term stability of slopes of deep quarries and open excavations; analysis of rock pressure in tunnels, underground structures and mines, analysis of regional subsidence, problems of roof control etc.

Geomechanics of the zone of middle depths (mesozonal geomechanics) is determined by another natural environment. Middle temperatures corresponding to the undercritical state of water, and high values of hydrostatic pressure predominate there. In platforms, regional fields of horizontal stresses are developed while in geosynclines a very complicated distribution of deviator stress takes place. The depth of this zone is measured in kilometres

In continental platforms the problems of transition of rocks into phases of creep and plasticity under the action of their own weight are of interest; these investigations may have a practical value when analyzing the formation of mud volcanoes, diapir folds, clay plugs, saline domes, clay intrusions in mines and deep boreholes etc. Genesis and enigmatic role of strong regional fields of horizontal stresses are of special interest;

these fields were estimated by exact measurements in Sweden and found later in other places. Their consideration will be an obligatory element of analysis of different tectonic hypotheses.

In geosynclines the problem of stress state and the relation among the stresses, strains and time in tectonically active zones deserve special attention. An important issue of these investigations may be the integrated theory of dislocations, which describes the process of deformation depending on the degree of mobilization of shear strength of rocks. Probably analysis of some faults and of their transition along the strike into flexures will be the most obvious corroboration of this theory. Well-known examples of such transition are Samara bend, plateau of Colorado, Luchung depression in Tien Shan, outlying districts of big tectonic hollows in Central Asia (Kashgar, Fergana) etc.

Geomechanics of the zone of big depths (hypozoneal geomechanics) is determined by high temperatures governing there, where the water is in the critical state, and by high geostatic stresses. The depth of this zone is measured in tens of kilometres.

Evidently the pressure in depth is not hydrostatic, at least in the upper part of the hypozone. The existence of deep-focus earthquakes with hypocentres located in depths up to 700 kilometres is the most weighty objection against such an assumption, since it is connected with the orientated pressure or stress. Horizontal differences of subcrustal material being revealed by the seismometric procedure, and the zonality of distribution of deep-focus earthquakes (Pamir and Northern Afghanistan—up to 300 kilometres, Pacific coast of Asia—up to 700 kilometres) being established by the seismometric way will permit to distinguish within the bounds of hypozone regions with different relation between principal stresses.

Geomechanical analysis of geological structures, based on the study of interrelationship among three principal rheological factors—stress, strain and time, considering physical and chemical conditions will expand the possibilities of synthesis of morphological data, adding to them in some cases the necessary genetical foundation.